

Más que piedras: Análisis de biomoléculas en el registro geológico

Trinidad de Torres Pérez-Hidalgo (*), Juan F. Llamas Borraro (**), José E. Ortiz Menéndez (***)

(*) Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular de la E.T.S. I. de Minas de Madrid

(**) ETSIM. Dpto. de Ingeniería Química

(***) ETSIM. Dpto. de Ingeniería Geológica

Sería pecar de exagerado si se dijera que el estudio de las piedras, como entes físicos individualizados, se ha terminado, que ahora lo que se lleva es su *agresión* mediante una amplia panoplia de técnicas cada vez más sofisticadas, que producen un chorro de información difícil de gestionar. Lo que está claro es que las piedras siguen teniendo un enorme interés intrínseco pero su importancia contextual resulta mayor ("no stone is alone").

Con el ambicioso fin de realizar estudios paleontológicos, estratigráficos, sedimentológicos, paleoclimatológicos y medioambientales nace y crece el Laboratorio de Estratigrafía Biomolecular (LEB) que, dado el carácter pluridisciplinar de los campos en los que va a realizar sus actividades, precisa de un cierto número de miembros, dedicados a disciplinas muy diversas. Valga decir que hay en el equipo expertos en materias diversas como teledetección, geoestadística, geoquímica, química, sedimentología, paleontología etc. No todos intervienen en todos los proyectos de investigación, sí en casi todos.

*Figura 1. La búsqueda de material de estudio a veces nos conduce a la aventura de recorrer espacios inéditos. Galería de la Cueva del Cueto de la Lucía (Quintanilla, Cantabria). Un yacimiento de dos especies de oso *Ursus spelaeus* Ros.-Hein. y *Ursus deningeri* von Reich. separados en el tiempo más de doscientos mil años.*



El embrión del LEB aparece en 1991 cuando el Instituto Tecnológico y Geominero de España subcontrata a la ETSIM la realización de un proyecto sobre cambio climático que la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) consideró importante para su ejercicio de la evaluación del comportamiento (Performance Assessment). Este proyecto, basado en la datación de travertinos, hizo preciso el desarrollo del método de datación por análisis de racemización de aminoácidos. Este método de datación se basa en el uso de un reloj geológico cuyo tempo lo marca el paso de las formas L de los aminoácidos, que constituyen las moléculas de los seres vivos (es decir con grupo amino a la izquierda de la molécula), a las formas D (a la derecha). Proceso bien conocido ya que lo descubrió Louis Pasteur en el S XIX. Gracias a la rápida puesta a punto del método, con la colaboración de la Dra. V. Meyer de la Universidad de Zurich, se pudieron datar los travertinos y se obtuvieron algoritmos de cálculo de edad, que sirvieron para realizar las primeras dataciones de algunos yacimientos emblemáticos de la Cuenca de Guadix-Baza en Granada. Entre otros se

Figura 2. En el LEB se trabaja en diversos proyectos de datación. Entre otros está la datación de las playas levantadas de la costa mediterránea de España. En la imagen aparece la playa levantada del Pirulico (Carboneras, Almería), datada en algomás de 100000 años por análisis de racemización de aminoácidos.



dató el sitio de Orce, lugar de hallazgo de controvertidos restos de homínidos. Dados los buenos resultados que se obtuvieron con muestras de invertebrados (gasterópodos, lamelibranquios, crustáceos etc.) se pensó en utilizar el método en la datación de restos vertebrados. Entre ellos cabría citar los de oso de las cavernas de la Sima de los Huesos de Atapuerca (Burgos), donde en 1976 un miembro del LEB descubrió asociados con dientes y huesos de oso, los primeros restos de *Homo heidelbergensis*. Este intento se saldó con un fracaso inicial rotundo, ya que no se obtuvieron resultados coherentes y el desarrollo de un protocolo de análisis fue un proceso que duró seis años, a lo largo de los cuales se consumió abundante tiempo y dinero, siendo financiado indirectamente a través de proyectos con ENRESA, como subcontratistas en proyectos "Euratom" de la UE y, en menor proporción, por proyectos del Instituto Geológico y Minero de España. Para estos cometidos se dispuso de un cromatógrafo de gases HP6890 ser II.

Como resultados y contenidos más notables de estos trabajos se pueden citar los siguientes:

- Fueron datados más de una veintena de yacimientos de cueva del Pleistoceno. Entre ellos, por su importancia cabe citar los de la Sima de los Huesos en Atapuerca con restos de *Homo heidelbergensis*, los de la cueva del Sidrón en Asturias con los restos de *Homo neandertalensis* más recientes de la zona cantábrica, y de la cueva de los Murciélagos Zuheros (Córdoba) también con restos de *Homo neandertalensis*.
- Se ha realizado una amplia campaña de dataciones en la Islas Canarias: episodios dunares y cuevas guanches.
- Se ha proporcionado soporte geoquímico orgánico a una Tesis Doctoral de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid, enfocada al estudio paleogenético de los primeros agricultores en Siria.

Figura 3. Las playas de la edad de la del Pirulico (Fig. 2) contienen abundantes fósiles, que testimonian que, por entonces, el Mar Mediterráneo era mucho más cálido que en la actualidad. En la foto aparecen dos ejemplares de *Strombus bubonius* G. Cuv. El de color blanco procede de otra playa de Almería (Roquetas de Mar) el de colores amarillos pertenece a un ejemplar viviente (ya no) de Cabo Verde.



- Se han datado yacimientos del Paleolítico inferior de Granada (Guadix Baza) y de Soria (Torralba). Paradójicamente unos han resultado ser más modernos de lo que se suponía (Torralba, Orce...) y otros más antiguos (Solana del Zamborino...).

- También se está trabajando sobre materiales no ibéricos como los de la cueva de Azokh en Armenia de la que provienen restos humanos provisionalmente atribuidos a *Homo heidelbergensis*.

Posteriormente, con el fin de acelerar el proceso de preparación de muestras que para el GC suponían un elevado consumo de tiempo y dinero, se adquirió un cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC) HP1100 con detector de fluorescencia. La puesta a punto del sistema y método, ya resuelta, ha precisado tres años de trabajo con una visita a la Universidad de Flagstaff (Arizona) donde se definió el protocolo.

Dado que, en general, todos los sedimentos, a excepción de los de tamaño de partícula muy grueso, contienen numerosas moléculas orgánicas (biomarcadores) que derivan de la destrucción y posterior evolución (diagénesis) de los compuestos orgánicos que constituyen los tejidos de los seres vivos, su estudio puede proporcionar claves importantes sobre la favorabilidad de una roca madre de hidrocarburos y también definir el tipo de organismos del que derivaron y las características del ambiente (paleoambiente) en el que evolucionaron. El tipo de componentes orgánicos puede ser importante para los ejercicios de la evaluación del comportamiento de los repositorios de residuos radiactivos (campo próximo) y biosfera. Los biomarcadores, predominantemente de origen vegetal u orgánico muy simple (bacterias), dan información sobre el paleoclima y la paleohidrogeología. Por lo tanto, se pensó en que esta técnica era aplicable a una serie de proyectos de la Unión Europea (EQUIP, PADAMOT y

Figura 4. Ocasionalmente la búsqueda de fósiles requiere el empleo de métodos deportivos, espeleológicos, como la Sima de los Osos en Troskaeta koba (Ataun, Guipúzcoa).



BIOCLIM) que fueron financiados también por ENRESA y el Consejo de Seguridad Nuclear (Pº Paleoclima). Para esta actividad se adquirió un nuevo gran equipo: un cromatógrafo de gases con detector selectivo de masas GC-MS HP6890 cuya puesta a punto, especialmente el protocolo de preparación de muestras fue largo y costoso, tres años, aunque en la actualidad se han analizado más de cinco mil muestras. En general, las muestras estudiadas pertenecen a cuatro conjuntos geológicos bien definidos:

- Turbera de Padul con un registro geológico de más de cien metros de espesor que cubre el periodo temporal del último millón de años.
- Cuenca de Guadix-Baza, que cubre 1.6 millones de años, donde se ha podido comprobar el primer gran incendio del área mediterránea
- Arcillas de las cuencas del Duero y del Ebro. Un trabajo previo ha permitido cuantificar e identificar sus contenidos en compuestos orgánicos y su posible interferencia con el transporte de radionucleidos.
- Sondeo de Valquemado en las marismas del Guadalquivir, donde se ha caracterizado la materia orgánica que ha podido o podrá entrar en contacto con los metales pesados del vertido de Aznalcollar.

Dado que se dispone de un laboratorio bien equipado, con experiencia en el análisis de biomarcadores, se buscó sinergia con los laboratorios del Instituto Geológico y Minero de España. A tal fin, recientemente se ha firmado un convenio entre el IGME y la ETSIMM por el cual el LEB pasa a ser Unidad Asociada del IGME, que aporta en depósito un aparataje accesorio del que cabe destacar un sistema de purga y trampa ("purge and trap") para gases en agua. El objetivo de esta asociación será que el LEB se constituya en "brazo armado" del IGME en lo referente a contaminantes orgánicos en suelos, aguas, aguas embotelladas etc, constituyendo una fuente de financiación para el LEB, que funciona bajo régimen de beneficio personal cero. Por lo tanto, el aspecto medioambiental también va a estar presente en la actividad del LEB, siendo algunos de sus proyectos más relevantes los siguientes:

- Control de la biorremediación del vertido del Prestige en la costa gallega. Proyecto financiado por el Consejo Superior de Ingeniero de Minas de España.
- Asistencia analítica a un proyecto de la E.T.S. I. De Minas de Oviedo de contaminación orgánica en el área de Puertollano.
- Contaminación orgánica derivada de una escombrera de carbón en Asturias (T.D. de Mª Jesús García García).

Etcétera

En fin. En estas pocas líneas se ha pretendido dar una pincelada de las actividades del LEB del que se pretende sea un referente de la UPM, destinado a crecer cuando se desarrolle el Centro Tecnológico Gómez Pardo de Getafe.



Figura 5. En otras ocasiones la extracción de restos es mucho más simple como en Arrikutz koba (Oñate, Guipúzcoa).



Figura 6. En Amutxate koba (Aralar, Navarra) se ha extraído un gran número de cráneos de oso de las cavernas *Ursus spelaeus* Ros.



Figura 7. A la vista de este paisaje de extrema aridez (Torre del Salar, cuenca de Guadix-Baza, Granada), nadie diría que hace unos cientos de miles de años se trataba de un gran lago de estilo africano, cuyos sedimentos ha expuesto la erosión reciente. Por este lago y sus riberas pululaban los hipopótamos, cebras, elefantes, dientes de sable y homínidos. Además de éstos, los sedimentos están repletos de biomarcadores que han permitido establecer la evolución paleoclimática de la mitad sur de la Península Ibérica durante los últimos 1.7 millones de años.